

矿山地理信息系统中巷道模型的研究

马荣华¹, 黄杏元¹, 贾建华², 蒲英霞¹

(1. 南京大学 GIS 与遥感研究所, 江苏 南京 210093; 2 西安矿业学院 测量系, 陕西 西安 710054)

Study of Laneway Model in GIS for Mine

MA Rong-hua¹, HUANG Xing-yuan¹, JIA Jian-hua², PU Ying-xia¹

(1. Institute of GIS & RS, Nanjing University, Nanjing 210093, China; 2 Dept. of Surveying Engineering, Xi'an Mining Institute, Xi'an 710054, China)

Abstract On the basis of going deep into analyzing the mine surveying information, four essential elements making up the mine laneway are put forward. Then the object-oriented mine laneway model is represented by C++ and the contained topologic relations are analyzed. The successes of developing the mine surveying information management sub-system show that it is reasonable and practical to the data model and data structure designed by the authors.

Key words: GIS; object-oriented; data model; topologic relation

摘要: 在深入分析矿山测量信息的基础上, 提出了组成矿井巷道的4种基本元素, 然后用C++语言描述了面向对象的矿井巷道数据模型, 并分析了所包含的拓扑关系。矿井测量信息管理子系统的开发成功说明了本文所提出的数据模型和数据结构的合理性与可行性。

关键词: 地理信息系统; 面向对象; 数据模型; 拓扑关系

1 引言

在我国矿区, 有些单位已开发了各种信息系统(或数据库)^[1-3], 但还没有建立适合我国矿山特点的M GIS。GIS在矿山的应用远远落后于在其他方面的应用。M GIS仍处在理论研究和科学实验阶段^[4]。目前, M GIS的系统构成、系统功能、系统目标等问题都已取得了统一认识。现在重点应从矿山特有现象出发, 探讨M GIS最适合的数据模型和数据结构。

矿山地理信息系统主要面对两类空间目标, 即掘进巷道和地层^[5], 因此矿井掘进巷道是矿山地理信息系统研究的重要内容之一。在矿井巷道

的掘进过程中, 测量数据始终起着重要的指导作用, 并伴随着这一活动的全过程。事实上, 测量信息记录了矿井巷道的延伸过程。这一思想对矿井巷道模型的建立至关重要。

2 组成矿井巷道的基本几何元素分析

2.1 矿井巷道的平面组成

2.1.1 研究对象的选取

采掘工程平面图(简称采工图)是反应煤层内巷道布置和回采情况的图件, 对采掘巷道的状态反映得很全面, 且其主要是各类巷道的组合。所以本文选取采工图为研究对象。

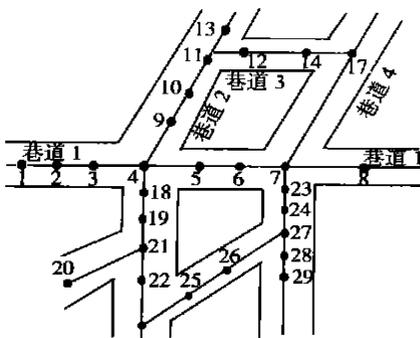
2 1 2 采工图的信息获取

矿山测量是获取井下巷道信息的主要手段,通过所得的信息(表 1)可得出每一测点的坐标 (X, Y, Z) , 从而确定了这些点的空间位置, 相关巷道的大概位置也就确定了。可见井下巷道可以抽象为沿这些巷道的由导线点构成的导线或导线网。因此矿井巷道的数据模型应以矢量模型为主, 如图 1 和图 2 所示。

表 1 导线测量的部分信息列表

Tab 1 List of some information of traverse survey

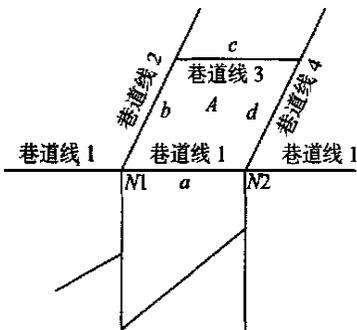
字段名	代号	字段名	代号	字段名	代号
测站点号(名)	CZD	垂直角	CZI	水平角	SPJ
前站点号(名)	QSD	仪器高	YQG	交点	JD
后视点号(名)	HSD	觇标高	CBG	边长	BC
巷道类型	HDLX	左右距	ZYJ	断面	DM
巷道性质	HDXZ	上下距	SXJ		



注: 1, 2, ..., 29 表示导线点

图 1 井下部分巷道及导线布设图

Fig 1 Schematic diagram of parts of laneways and traverses



A 表示由 a、b、c、d 组成的面, a、b、c、d 表示组成 A 的线, N1、N2 为交点

图 2 井下部分巷道抽象图

Fig 2 Schematic diagram of parts of laneways abstracted

从图 2 可以看出, 井下单条巷道成线状分布, 全部巷道成网状分布, 构成这些巷道线的最基本

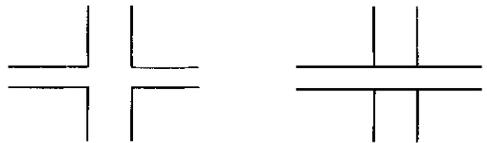
元素是导线点。

2 1 3 矿井巷道的平面组成元素

前面已经提到, 每一条矿井巷道都可以抽象为一条线(不一定是直线), 这里称其为巷道线。巷道线是对一条巷道的完整描述。在井下, 巷道是纵横交叉的。因此, 一条巷道可能被其他巷道分成两段或多段, 这种现象叫做巷道分段。巷道分段后, 在巷道线上就形成了一个或多个交点, 这增加了数据处理的时间, 数据存储量也增加了。然而, 进行巷道分段是合理的、可行的。

图 2 中 A 表示面状目标, 其边界线为 a、b、c、d。其中, a 是巷道线 1 的一部分, b 是巷道线 2 的一部分, d 是巷道线 4 的一部分, 只有 c 是巷道线 3 的全部, 代表巷道 3。可见, 面 A 无法用完整的巷道线 1、2、3 和 4 来表示。解决的办法就是通过交点对巷道线进行的分段, 如, 巷道线 1 被交点 N_1 和 N_2 分为 a_1 、 a_2 和 a_3 三段(每一段不一定是直线段), 叫做巷道弧。用巷道弧来表示面 A 的边界。

其次, 进行巷道分段可方便地解决平面消隐问题, 不在同一层上的巷道向同一平面进行投影, 为了表达层的关系, 采工图采用不同的相交方式来表示, 如图 3。



(a) 同一层巷道相交图 (b) 不同层的巷道相交图

(a) Intersected laneways on the same layer

(b) Intersected laneways on the different layers

图 3 两种相交方式的处理

Fig 3 Schematic diagram of the processing to the two types of intersected laneways

在计算机内部, 相交是通过巷道分段(即判断巷道线是否分为两条或更多的巷道弧)来判断的, 如果两条巷道能够进行巷道分段, 就认为这两条巷道同一平面相交, 如图 3(a) 所示; 否则, 这两条巷道为非同一平面相交, 如图 3(b) 所示, 这样计算机程序便可自动处理巷道平面的消隐问题。

从几何角度看, 大部分巷道之间的多边形拓扑关系能够建立, 但在煤田边界(图 4), 因为有独立巷道(抽象为内独立巷道线)的存在, 按照常规方法正常的拓扑关系不能建立, 这就造成了拓扑信息的不完整。

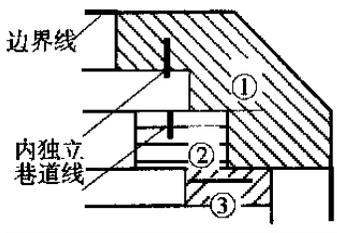


图 4 井田边界内独立巷道线表示

Fig. 4 Schematic diagram of the self-contained laneways at the borders of mine field

图 4 阴影部分显然不能用多边形或面的概念来表达,也就是说,独立掘进巷道的存在冲淡了面的概念,也难以用多边形来描述。为此提出了“面片”的概念。图 4 中,阴影部分、和 都可用“面片”来描述。

由此可见,巷道弧是组成巷道线的基本元素,也是组成面的基本元素。在整条巷道线没有交点的情况下,巷道线和巷道弧在内容上是一样的。因此组成矿井巷道的基本元素有点(包括测量控制点和非测量控制点)、巷道弧、巷道线和面片。

2.2 矿井巷道的 3 维组成

矿井巷道按用途分为通风巷道、运输大巷、运输上(下)山、井底车场、联络巷、休息(安全)区等。为了叙述上的方便,不妨把斜井、竖井、溜煤眼等也认为是矿井巷道。它们中的部分要求有很高的位置精度,例如运输大巷底板安装有轨道,两边有排水沟,左右帮上装有电力和通信线等,因此对运输大巷的描述要有很高的精度才能满足要求。据文献[17],按照前面矿山测量的思路,可把矿山井巷看作柱状体,它由一系列的断面构成。

3 矿井巷道的数据模型

经过几年的研究,面向对象技术在地理信息系统中的应用已经取得了较大进展^[17-19]。理论和实践都证明面向对象技术适合 GIS。为了克服 GIS 传统数据模型的弊端,面向对象的 GIS 中,数据模型和数据结构都应是面向对象的。

3.1 矿井巷道元素的分类

3.1.1 点类

3.1.1.1 独立点状地物

独立点状地物有对应的属性编码。

3.1.1.2 纯结点

纯洁点只是用来表达与弧段的关联关系和几

3.1.2 线类

3.1.2.1 巷道弧

这里所说的巷道弧没有分支,是指两结点之间的部分,是构成巷道线的最基本元素。它可能是线状地物的一部分,也可能是面片地物内的一条独立巷道,还可能是面状地物的边界。如果一条弧段本身就是一个线状地物,那么它可以直接赋以地物编码,并连接到属性表。

3.1.2.2 巷道线

巷道线的基本组成元素是巷道弧。一般来说,它代表着一条完整的巷道,可能是面片地物内的一条独立巷道(此时称为内独立巷道线),也可能是面片地物的边界(此时巷道线仅由一条巷道弧组成),有属性意义,可以直接赋以地物编码。

3.1.2.3 线状地物

一个条巷道可以由一条或若干条巷道弧组成且有属性编码。一个线状地物一般被抽象为一条巷道线。

3.1.3 面类

3.1.3.1 面片地物

与 2 维 GIS 多边形相似,它由周边巷道弧组成,有属性编码,也可能存在内洞。但这里所说的面片地物内还可能

3.1.3.2 断面

断面用来表示如斜井、竖井、运输巷道等柱状体的基本元素,通常由不规则的闭合曲线构成。

3.1.4 柱状体类

它描述的是一类复杂的地物对象,如斜井、竖井、运输巷道等,由巷道弧和断面等元素构成。巷道弧表示了柱状体的不同类型以及该柱状体与其他柱状体的连接情况。

3.2 面向对象的矿井数据模型

C++ 作为一种面向对象语言已经成为软件设计的主流语言^[17],本文所描述的数据模型用 Visual C++ 表示如下。

3.2.1 点结构

3.2.1.1 基础点元素类

```

Class CbasePoint; //定义基础点元素类
{
    Struct Point; //定义点类的坐标结构
    Char UserID; //用户标识
    Char PointID; //系统编码(系统标识)
    Integer Scale; //定义比例尺分母,如
    
```

果不依比例尺, 此值为 0 (如几何点的 Scale 为 0, 而点状地物 Scale 可为 0, 也可不为 0)

```
String PointStyle; //点的形状描述
.....; //其他成员变量及成员函数
(属性描述)
};
```

3.2.1.2 基础点元素的派生类

1. 坐标点元素类:

```
Class CorPoint: CbasePoint; //定义坐标点
元素类, 由基础点元素派生
```

```
{
    Carc m-Arc; //定义一个弧元素变量,
标识该点所属的巷道弧
    Cline m-Line; // 定义一个线元素变
量, 标识该点所属的巷道线
    Cpoly m-Poly; // 定义一个面元素变
量, 标识该点所属的面
    .....; //其他成员变量及成员函数
};
```

2. 结点元素类:

```
Class CodPoint: CbasePoint; //定义结点元
素类, 由基础点元素派生
```

```
{
    Arclist m-Lines; // 定义一个弧段
表管理以该点为结点的巷道弧
    Linelist m-Arcs; // 定义一个线表
管理以该点为结点的巷道线
    .....; //其他成员变量及成员函数
};
```

3.2.2 巷道弧结构

1. 基础巷道弧元素类:

```
Class CbaseArc; //定义基础线元素类
{
    Pointlist m-Points; //定义一个表结
构管理构成巷道弧的所有点
    Pointlist m-nodPoints; //定义一个
表结构管理巷道弧的所有结点
    .....; //其他成员变量及成员函数
};
```

2. 基础巷道弧元素的派生类——结弧元素类:

```
Class CnodArc: CbaseArc; //定义结弧元素
类, 由基础巷道弧类派生
```

```
{
```

```
Cline m-line; //定义一个线元素变量
用来标识该弧段所属的巷道线
```

```
Arclist m-Arcs; //定义一个表结构
用来管理该巷道弧段的起始弧段
```

```
.....; //其他成员变量及成员函数
};
```

3.2.3 巷道线结构

3.2.3.1 基础巷道线元素类

```
Class Cbaseline // 定义基础巷道线类
{
    Linelist m-Arcs; //定义一个表结构
管理构成该巷道线的所有巷道弧
    .....; //其他成员变量及成员函数
};
```

3.2.3.2 基础巷道线类的派生类

1. 线状地物:

```
Class CobLine: Cbaseline; //定义线状地物
类, 由基础巷道线类派生
```

2. 结线元素类

```
Class CnodLine: Cbaseline; //定义结线元
素类, 由基础巷道线类派生
```

```
{
    Linelist m-Lines; //定义一个表结
构用来管理该线的起始巷道线
    Polylist m-Body; //定义一个表结构
用来管理该巷道线的邻线
    .....; //其他成员变量及成员函数
};
```

3.2.4 面结构

3.2.4.1 面片类

```
Class Cpoly; //定义面片元素类
{
    Linelist m-Linelist1; //定义一个表
管理构成该面的所有巷道弧
    Linelist m-Linelist2; //定义一个表
管理构成该面的所有边巷道弧
    Linelist m-Linelist3; //定义一个表
管理该面内的所有内独立巷道线
    Linelist m-nodLinelist; //定义一个
表管理构成该面的所有结巷道弧
    Pointlist m-pointList; //定义一个
表管理构成该面的所有点
    .....; //其他成员变量及成员函数
};
```

3.2.4.2 断面类

```

Class Csection; //定义断面元素类
{
    LineList m-Arcs; //定义一个表结构
    管理组成断面的弧段

    Cylinder m-Sections; // 定义一个表
    结构管理包含该断面的巷道
    .....; //其他成员变量(如断面的倾
    斜角、方位角等)及成员函数
};

```

3.2.5 柱状体结构

```

Class Clane; //定义柱状体类
{
    ClaneArc m-Arcs; //定义一个表结构

```

管理该柱状体所包含的巷道弧

```

    ClaneElem -lanes; // 定义一个表结
    构管理该柱状体所包含的断面
    .....; //其他成员变量及成员函数
};

```

3.3 矿井巷道的拓扑关系

从上面的定义可以看出, 每个基本元素类中包含了构成它的基本元素, 也包含了由它构成的更高级的元素, 拓扑关系如图 5 所示。图中, “分段”是指一条巷道线与另一条巷道线相交或贯通时按一定的算法分为两条或几条巷道弧; “生成”是指一个曲面由输入的线生成比较困难而由已知点通过内插直接生成一个面; 虚线表示组成(派生)关系。

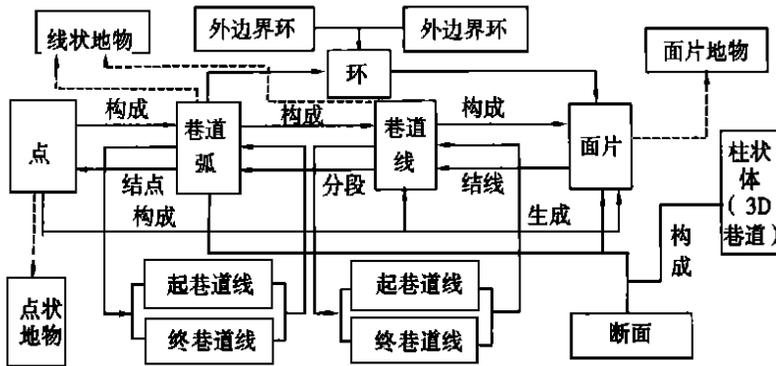


图 5 矿井巷道的拓扑关系示意图

Fig 5 Schematic diagram of topological relationships of laneways

4 矿山地理信息系统矿井测量模块的实现

经过近一年的开发研究, 系统的矿井测量模块(图 6)已经实现, 尤其是拓扑关系的正确建立, 证明了数据模型和数据结构的合理性与可行性。

该模块目前是为矿图的机助制图和矿山井下测量的自动平差服务的。但是, 系统的设计初衷是建立真正的 GIS, 因此数据模型和数据结构的设计和建立是围绕 GIS 进行的, 最终是为 GIS 服务的。该模块已在神东公司大柳塔矿及兖州矿务局鲍店矿试运行。

后视点	测站点	前视点	水平角	垂直角	仪器高	视标高	水准高	水准高	水准高	水准高	水准高
测站1	测站1	测站1	150.34255	1.52341	1.334	1.150	15	20	111	5.000	3.500
测站1	测站1	测站2	187.58444	1.52122	1.350	1.340	15	20	111	5.000	3.500
测站1	测站2	测站3	150.34222	0.42324	1.340	1.230	15	20	111	5.000	3.500
测站2	测站2	测站4	180.45444	0.12311	1.350	1.520	15	20	111	5.000	3.500
测站3	测站2	测站6	150.34444	0.53423	1.200	1.420	15	20	111	5.000	3.500
测站4	测站5	测站8	187.34230	0.43444	1.420	1.230	15	20	111	5.000	3.500
测站5	测站6	测站7	145.50230	0.01213	1.500	1.420	15	20	111	5.000	3.500
测站6	测站7	测站8	134.45000	0.03212	1.345	1.150	15	20	111	5.000	3.500
测站7	测站8	测站9	136.23450	0.02452	1.113	1.310	15	20	111	5.000	3.500
测站8	测站8	测站10	140.34128	0.21324	1.230	1.300	15	20	111	5.000	3.500

图 6 矿井测量信息管理系统界面图

Fig 6 Interface of information management system on mine surveying

5 结论

1 按照矿山测量的思路,分析了组成矿井巷道的的基本元素,为其数据模型的正确建立提供了基础。所建立的面向对象的数据模型有助于实现M GIS 的动态修改、查询与分析。

2 用Visual C++ 描述了矿井巷道面向对象的数据模型,并分析了面向对象矿井巷道的拓扑关系。

3 矿山地理信息系统矿井测量模块的成功开发,说明本文提出的数据模型是切实可行的。

4 本文为M GIS 的成功建立提供了一套切实可行的思路,即遵循客观规律,深入挖掘矿山测量信息,从中获取巷道等其他有关信息,为建立M GIS 服务。

5 除矿山巷道外,矿山井下的地物还包括一些地质实体,矿山地质实体模型的建立是我们下一步的工作。

参考文献:

- [1] D N G Hua. Developing Coal mine Geology and Surveying Information Management System [J]. Mine Surveying, 1996, (1): 21-23 (in Chinese)
- [2] DU Qing-ming, XIE Fu-xiao. Study and Development of Coal mine Surveying Information Management System [J]. Bulletin of Surveying and Mapping, 1998, (7): 39-41 (in Chinese)
- [3] ZHANG Shu-bi, DU Pei-jun, *et al*. Study on the Developing Mine Surveying Information Management System Based on VB Visual Environment [J]. Bulletin of Surveying and Mapping, 1998, (9): 37-39 (in Chinese)
- [4] LI Qing-yuan. 3D GIS Topologic Relation and Dynamic Construction [J]. Acta Geodaetica et Cartographica Sinica, 1997, 26 (3): 235-240 (in Chinese)
- [5] MAO Shan-jun. Research in Data Model of Coal mine GIS [J]. Acta Geodaetica et Cartographica Sinica, 1998, 27 (4): 331-337. (in Chinese)
- [6] GONG Jian-ya, XIA Zong-guo. An Integrated Data Model in Three Dimensional GIS [J]. Journal of Wuhan Technical University of Surveying and Mapping, 1997, 22 (1): 7-20 (in Chinese)
- [7] LI Wei-sheng, XU Yun-tao, *et al*. An Object-oriented Geographical Data Model for Shared GIS [J]. Journal of Wuhan Technical University of Surveying and Mapping, 1996, 21 (1): 82-85 (in Chinese)
- [8] YANG Shu-qiang, WANG Feng, *et al*. Object-oriented Three-leveled Data Model [J]. Journal of Software, 1997, 8 (7): 505-510 (in Chinese)
- [9] HUANG Xing-yuan, TANG Qin. Introduction to Geographic Information System [M]. Beijing: High Education Press, 1991. (in Chinese)
- [10] ZHANG Ren-lin. Information Methodology Foundation and Its Application in Geoscience [M]. Xi'an: Xi'an Map Press, 1993 (in Chinese)
- [11] CAI Xi-yao, CHEN Ping. Object-oriented Technology [M]. Xi'an: Publishing House of Xi'an Technological University of Electronics, 1995 (in Chinese)
- [12] YANG De-lin, *et al*. Principles, Methodology and Application in Big Scale Digital Surveying Map [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 1998 (in Chinese)
- [13] ZHOU Li-wu, ZHANG Guo-liang, *et al*. Mine Surveying (Volume 1) [M]. Xuzhou: Publishing House of China Mining Institute, 1987. (in Chinese)
- [14] GUO Da-zhi, YU Zhao-ping. Geographic Information System in Mine Applications [J]. Acta Geodaetica et Cartographica Sinica, 1989, 18 (4): 258-265 (in Chinese)
- [15] MAO Shan-jun, MA Hong-bing. Method Study of Digital Elevation Model of Creating Complicated Geological Entity Automatically [J]. Acta Geodaetica et Cartographica Sinica, 1999, 28 (1): 57-61. (in Chinese)
- [16] ZHANG Jin, KONG Zhao-bi. Component and Technical Problems Concerned of Mine Surveying Information System [J]. Bulletin of Surveying and Mapping, 1996, (6): 16-18 (in Chinese)
- [17] GAO Fu-ju, ZHAO Hong-di, *et al*. Some Problems in the Developing Mine Surveying Information Management System [J]. Mine Surveying, 1996, (1): 17-20 (in Chinese)
- [18] GONG Jian-ya, XIA Zong-huo. Development Perspective of Geographic Information System [J]. Northwest Surveying and Mapping Information, 1997, (1): 3-6 (in Chinese)
- [19] LI Qing-quan, LI De-ren. Data Structure in 3D Geographic Information System [J]. Journal of Wuhan Technical University of Surveying and Mapping, 1996, 21 (2): 128-133 (in Chinese)

- [20] CHEN Yun-hao, GUO Da-zhi Three Dimensional Data Structure in Geographic Information System in Mine [J]. Mine Surveying, 1998, (2): 9-12 (in Chinese)
- [21] WANG M i-jun, SHI J in-feng, *et al* Data Structure in 3D Geographic Information System in Mine [J]. Journal of Fuxin Mining Institute (Natural Science), 1997, 16(3): 310-313 (in Chinese)
- [22] TONG Xiao-hua, YUE Xiu-ping, *et al* Object-oriented Idea and Its Application in Developing GIS [J]. Application Research of Computers, 1997, (2). 8-10 (in Chinese)
- [23] LI Q ing-yuan 3D GIS Topologic Relation and Concept of One Surface with Three Layers [A]. Proceedings of IEA S'97 & W GIS'97 (Volume 1) [C]. Beijing: State Key Laboratory of Resources and Environment Information System, National Remote Sensing Center of China, 1997. 223-233 (in Chinese)

《测绘学报》征稿简则

《测绘学报》是中国测绘学会主办的、反映我国测绘科技发展水平的国家级综合性学术刊物,也是进行国际测绘科技交流的主要文献。热忱欢迎海内外测绘科技工作者为本刊撰稿。

稿件内容 本刊主要刊载大地测量、工程测量、摄影测量、遥感、地图学、海洋测量、矿山测量、地籍测绘、地理信息系统、信息传输与处理、测绘仪器、地图印刷等测绘及其相关相邻学科的学术论文。论文要求具有较高学术水平或重大应用价值。本刊适当刊登[测绘工程研究]、[博士学位论文摘要]、[学术专著评介]及[学术活动信息]的短文。本刊不接受在内部刊物上发表过的论文。

撰稿要求 来稿应论点明确,结构严谨,文字简洁,数据可靠,图表清晰,不涉及国家政治、经济及技术秘密。论文可任选中、英两种文字之一撰写,字数在8000字以内,但需附加另一文种的详细摘要和关键词。采用法定计量单位,署名符合著作权法规定,并附第一作者简介。参考文献采用顺序编码制。基金资助项目附基金名称和项目编号。向量符号请务必注明“向量”,或“黑体”。

注意事项 鉴于本刊已加入《中国学术期刊(光盘版)》和“ChinaInfo 电子期刊”,根据有关协议,凡向本刊投稿的作者均视为同意授权本刊出版印刷版、光盘版和网络版,如有特殊情况,敬请作者事先声明。

为便于评审,要求来稿一式三份。本刊登载论文,适当收取版面费;稿件一经刊用,即付稿酬。在未收到本刊退稿信时,请勿投其他刊物。

欢迎作者通过电子邮件向本刊投稿,但请附寄一封由作者签名的投稿信。

本刊编辑部地址:北京市复外三里河路50号《测绘学报》编辑部,邮编:100045

电话:(010)83524586; (010)63534931—2184; (010)68597963

传真:(010)83524588

E-mail: chxb@public.sti.ac.cn

http://www.chinainfo.cn.net/periodical/chxb